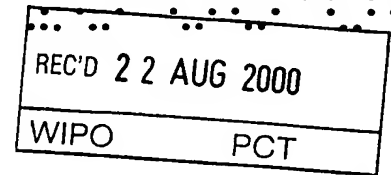


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



4

EP00/6575

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 32 430.1

Anmeldetag: 12. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: HARTING Elektro-optische Bauteile GmbH & Co KG,
Bad Salzdetfurth

Bezeichnung: Opto-elektronische Baugruppe, Bauteile für diese
Baugruppe sowie Verfahren zur Herstellung der Bau-
gruppe

IPC: G 02 B 6/42

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. August 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



12. Juli 1999

HARTING Elektrooptische Bauteile
GmbH & Co. KG

5 TecCenter
31162 Bad Salzdetfurth

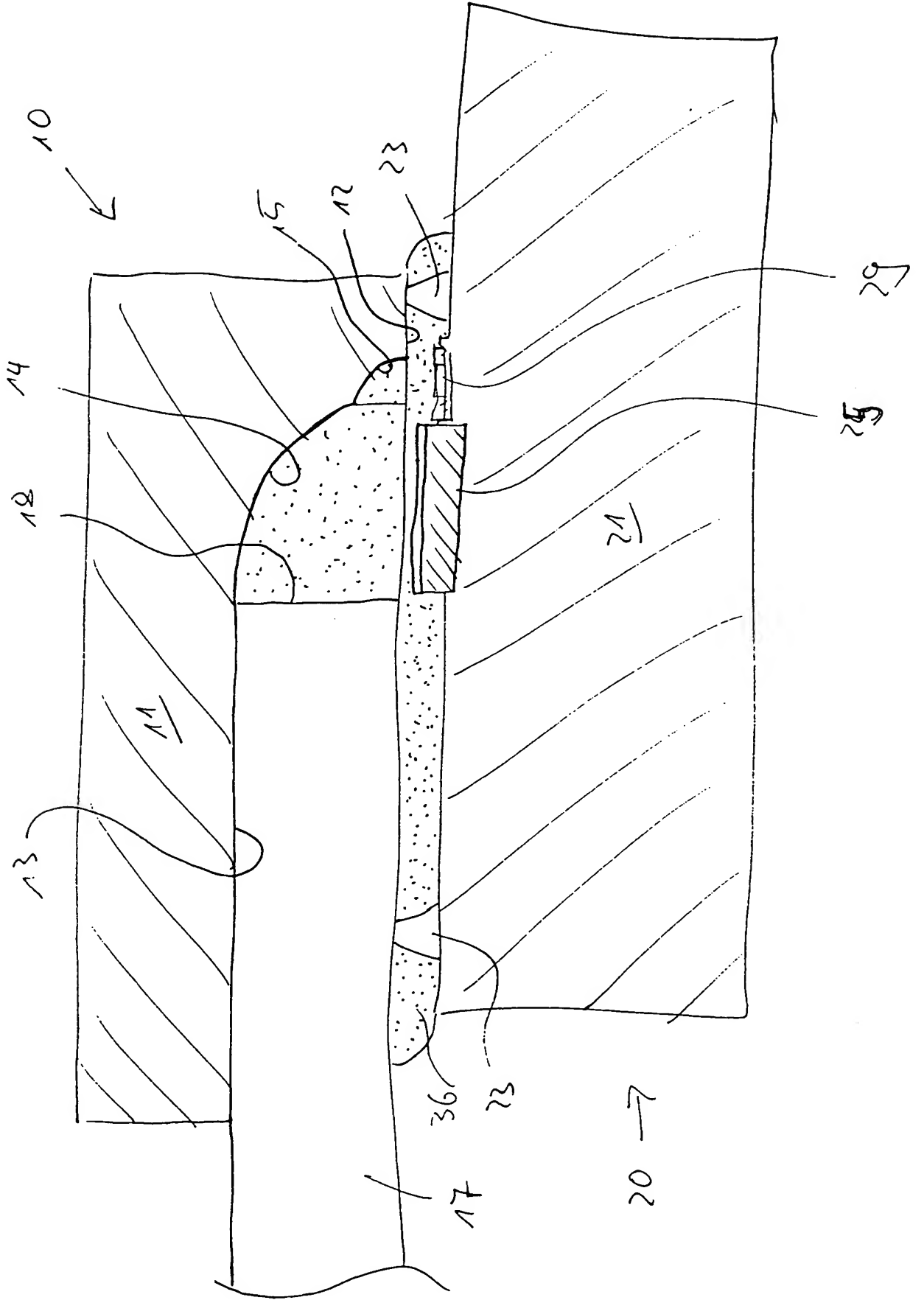
10 Unser Zeichen: H 1600 DE
St/sc

15 ZUSAMMENFASSUNG

20 ~~Opto-elektronische Baugruppe, Bauteile für diese Baugruppe sowie~~
~~Verfahren zur Herstellung der Baugruppe~~

25 Die Erfindung betrifft eine Sende-Empfangs-Baugruppe, mit der
Lichtsignale in elektrische Signale umgewandelt (Empfangsbetrieb) oder
elektrische Signale in Lichtsignale (Sendebetrieb) umgewandelt werden
können. Diese Baugruppe enthält ein Bauteil (10) mit
Positioniergestaltungen (16), einem Lichtwellenleiter (17), einem
ersten Spiegel (14) und einem zweiten Spiegel (15), wobei die beiden
30 Spiegel (14, 15) in der Verlängerung des Lichtwellenleiters (17)
liegen und der zweite Spiegel (15) von dem Lichtwellenleiter (17) aus
betrachtet, hinter dem ersten Spiegel (14) liegt, sowie ein Bauteil
(20) mit Justiergestaltungen (23), einem optischen Sender (29) und
einem optischen Empfänger (25), wobei der Sender (29) und der
Empfänger (25) benachbart angeordnet sind.

35 Figur 1



12. Juli 1999

~~HARTING~~ Elektro-optische Bauteile
~~GmbH & Co.~~ KG

5 TecCenter
31162 Bad Salzdetfurth

10 Unser Zeichen: H 1600 DE
St/sc

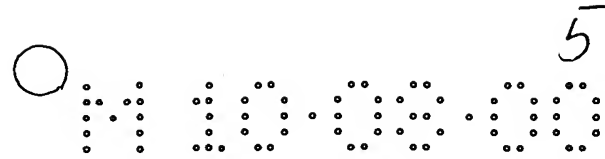
15 ~~Opto-elektronische Baugruppe, Bauteile für diese Baugruppe sowie~~
~~Verfahren zur Herstellung der Baugruppe~~

20 ~~Die Erfindung betrifft eine opto-elektronische Baugruppe, die~~
~~Bauteile aus der diese Baugruppe besteht, sowie das Verfahren zur~~
Herstellung der Baugruppe.

25 Bei der Baugruppe handelt es sich um eine Sende-Empfangs-Ein-
richtung, mit der Lichtsignale in elektrische Signale (Empfangsbe-
trieb) oder elektrische Signale in Lichtsignale (Sendebetrieb) umge-
wandelt werden können.

30 ~~Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine solche Baugruppe zu~~
~~schaffen, die sowohl im Sende- als auch im Empfangsbetrieb mit hohem~~
~~Wirkungsgrad arbeitet und mit geringem Aufwand hergestellt werden~~
~~kann. Die Aufgabe der Erfindung besteht auch darin, die einzelnen~~
Bauteile für eine solche Baugruppe zu schaffen, die kostengünstig in
großer Stückzahl bei hoher Genauigkeit hergestellt werden können.

35 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Baugruppe, die aus zwei
getrennten Bauteilen besteht. Eines der Bauteile enthält Positionier-
gestaltungen, einen Lichtwellenleiter, einen ersten Spiegel und einen

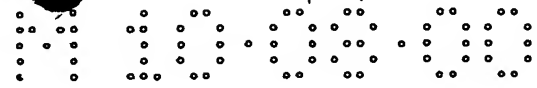


zweiten Spiegel, wobei die beiden Spiegel in der Verlängerung des Lichtwellenleiters liegen und der zweite Spiegel, von dem Lichtwellenleiter aus betrachtet, hinter dem ersten Spiegel liegt. Das zweite Bauteil enthält Justiergestaltungen, einen optischen Sender und einen optischen Empfänger, wobei der Sender und der Empfänger benachbart angeordnet sind. Die beiden Bauteile sind mittels der Positionier- und Justiergestaltungen relativ zueinander präzise so ausgerichtet, daß der erste Spiegel mit dem optischen Empfänger und der zweite Spiegel mit dem optischen Sender zusammenwirken kann, so daß über den Lichtwellenleiter eingekoppeltes Licht auf den Empfänger fällt und von dem Sender erzeugtes Licht in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird.

Die erfindungsgemäße Baugruppe sowie die erfindungsgemäßen Bauteile, aus denen die Baugruppe besteht, bieten eine Vielzahl von Vorteilen. Die Verwendung eines ersten und eines zweiten Spiegels quasi ineinandergeschachtelt, also nach Art eines Doppelspiegels, ermöglicht es, ein und denselben Lichtwellenleiter zur Übertragung der zu dem Empfänger gerichteten Lichtsignale und der von dem Sender erzeugten Lichtsignale zu verwenden. Der erste Spiegel, der vorzugsweise eine wesentlich größere Fläche aufweist als der zweite Spiegel, reflektiert das aus dem Lichtwellenleiter austretende Licht hin zum Empfänger. Dies geschieht mit einem sehr hohen Wirkungsgrad, da nur ein sehr geringer Teil des ankommenden Lichts auf den zweiten Spiegel fällt und somit nicht hin zum Empfänger reflektiert werden kann. Umgekehrt wird nahezu das gesamte Licht, das vom Sender abgestrahlt wird, von dem zweiten Spiegel hin zum Lichtwellenleiter reflektiert und dort in diesen eingekoppelt, da nur ein sehr geringer Teil des erzeugten Lichts nicht auf die Stirnfläche des Lichtwellenleiters reflektiert wird.

Vorzugsweise beträgt die in eine Ebene senkrecht zur Längsachse des Lichtwellenleiters projizierte Fläche des zweiten Spiegels nicht mehr als $1/10$ der projizierten Fläche des ersten Spiegels. Auf diese Weise wird der Verlust beim Reflektieren der zum Empfänger gerichteten Lichtsignale auf einem sehr geringen Niveau gehalten.

Weiterhin ist vorgesehen, daß der zweite Spiegel, in einer Projektion in einer zur Längsachse des Lichtwellenleiters senkrechte



Ebene, innerhalb der Fläche des ersten Spiegels liegt. Auch diese Gestaltung dient zur Verringerung der Verluste, da die Flächenbereiche minimiert werden, die nicht zur Lichtübertragung genutzt werden können.

5

Vorzugsweise ist weiterhin vorgesehen, daß der erste und der zweite Spiegel Parabolspiegel sind. Eine solche Gestaltung führt zu geringeren Verlusten als beispielsweise plane Spiegel.

10

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, daß der Brennpunkt des zweiten Spiegels, von dem Lichtwellenleiter aus betrachtet, hinter dem Brennpunkt des ersten Spiegels liegt. Die jeweiligen Brennpunkte sind so auf die Anordnung des Senders und des Empfängers abgestimmt, daß sich eine optimale

15

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform ist weiterhin vorgesehen, daß das Bauteil, das den Lichtwellenleiter aufweist, mit einer Aufnahme mit trapezförmigem Querschnitt für eine Lichtleitfaser versehen ist und daß der Lichtwellenleiter eine Lichtleitfaser ist, die im Bereich des Bauteils einen trapezförmigen Querschnitt hat. Eine Lichtleitfaser mit trapezförmigem Querschnitt kann sehr viel einfacher und zuverlässiger mit dem Bauteil verbunden werden als eine Lichtleitfaser mit kreisförmigem Querschnitt. Weiterhin ergeben sich sehr geringe Übertragungsverluste.

25

Gemäß der bevorzugten Ausführungsform ist ferner vorgesehen, daß der Empfänger auf seiner aktiven Oberfläche mit einem Filter versehen ist, der für das von dem Sender abgestrahlte Licht undurchlässig ist. Somit führt Streulicht, das nicht vom Sender in den Lichtwellenleiter eingekoppelt wird, sondern auf den Empfänger fällt, nicht zu einer Störung der Signalübertragung, da das Streulicht vom Filter absorbiert wird.

30

35

Auf dem mit dem Sender und dem Empfänger versehenen Bauteil sind vorzugsweise Leiterbahnen vorgesehen, um den Sender und den Empfänger anzuschließen. Solche Leiterbahnen können insbesondere durch eine Goldbeschichtung gebildet sein, die eine bondbare Oberfläche bildet.

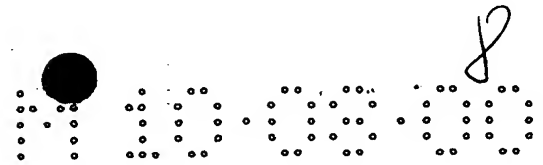
Die Goldbeschichtung kann in einfacher Weise durch galvanische Abscheidungen aufgebracht werden.

5 Unter der Goldschicht ist vorzugsweise eine Kupferschicht vorgesehen, die zur Abfuhr der von dem Sender und dem Empfänger erzeugten Verlustwärme dient. Zu diesem Zweck ist die Kupferschicht mit einer vergleichsweise großen Dicke ausgeführt.

10 Zwischen der Goldbeschichtung und der Kupferschicht ist vorzugsweise eine Trennschicht aus Nickel aufgebracht, die ein Diffundieren der Atome der Goldbeschichtung in die Kupferschicht verhindert. Weiterhin ist vorzugsweise auf dem Substrat des Bauteils eine Startschicht auf Nickel aufgebracht, auf der die Kupferschicht galvanisch abgeschieden werden kann.

15 Die Baugruppe kann durch ein erfindungsgemäßes Verfahren hergestellt werden, welches die folgenden Schritte enthält: Zunächst wird durch Abformen einer Negativform ein Substrat mit Positioniergestaltungen und mit mindestens zwei Spiegelflächen sowie ein weiteres
20 Substrat mit Justiergestaltungen und mindestens einer Aufnahme für ein opto-elektronisches Bauelement hergestellt. Anschließend werden die beiden Substrate geeignet metallisiert, wobei die Metallisierung der Spiegelflächen dazu dient, einen gut reflektierenden Doppelspiegel bereitzustellen, während die Metallisierung des Substrates, das mit den Aufnahmen für das opto-elektronische Bauelement versehen ist, dazu
25 dient, das Anschließen dieser Bauelemente und auch das Abführen der von diesen erzeugten Verlustwärme dient. Dann wird auf dem mit der Aufnahme versehenen Substrat mindestens ein optischer Sender und mindestens ein optischer Empfänger angebracht. Daraufhin werden die
30 beiden Substrate aufeinandergesetzt, wobei sie mittels der Justier- und Positioniergestaltungen präzise relativ zueinander ausgerichtet werden. Schließlich werden die beiden Substrate aneinander befestigt.

35 Dieses Verfahren ermöglicht es, die beiden Bauteile, aus denen die Baugruppe schließlich gebildet wird, getrennt voneinander herzustellen. Auf diese Weise läßt sich eine geringe Ausschußquote erzielen, da nach jedem Zwischenschritt eine Funktionskontrolle vorgenommen werden kann. Falls ein Bauteil nicht funktioniert, gehört nur



dieses zum Ausschuß und nicht die gesamte Baugruppe. Die beiden Substrate können beispielsweise in Spritzgußtechnik hergestellt werden. Auf diese Weise läßt sich die mikrostrukturierte Oberfläche der späteren Bauteile mit der erforderlichen hohen Genauigkeit bei
5 geringen Herstellungskosten durch Abformen erzielen. Die beiden Spiegel und der Sender und der Empfänger brauchen bei der Montage nicht mehr aufwendig aufeinander abgestimmt zu werden, wie dies teilweise im Stand der Technik für jedes einzelne Bauteil erforderlich ist. Statt dessen wird konstruktiv eine optimale Anordnung und Aus-
10 richtung relativ zueinander bestimmt, die sich dann bei jedem abgeformten Bauteil automatisch aufgrund der Justier- und der Positioniergestaltungen einstellt.

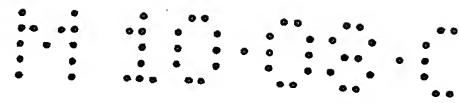
Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen
15 Verfahrens weist jedes Substrat eine Vielzahl von Spiegelflächen bzw. Aufnahmen auf, wobei von den beiden aufeinander gesetzten und miteinander verbundenen Substraten dann die einzelnen Baugruppen abgetrennt werden. Es kann also ähnlich wie bei der Chipherstellung ein Substrat hergestellt werden, das eine sehr große Anzahl von entsprechenden
20 Gestaltungen aufweist. Als letzter Herstellungsschritt wird das Substrat dann in eine Vielzahl von einzelnen Bauteilen zersägt oder zerschnitten, so daß sich geringe Stückkosten bei der Herstellung ergeben.

25 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf eine bevorzugte Ausführungsform beschrieben, die in den beigefügten Zeichnungen
30 dargestellt ist. In diesen zeigen:

- Figur 1 in einem schematischen Querschnitt eine erfindungsgemäße Baugruppe;

35 - Figur 2 in vergrößertem Maßstab einen Ausschnitt aus der Baugruppe von Figur 1;



- Figur 3 in nochmals vergrößertem Maßstab einen Ausschnitt von Figur 2;

5 - Figur 4 in einer schematischen Draufsicht ein erstes Bauteil der erfindungsgemäßen Baugruppe;

- Figur 5 einen Schnitt entlang der Ebene V-V von Figur 4;

10 - Figur 6 einen Schnitt entlang der Ebene VI-VI von Figur 4;

- Figur 7 in einer schematischen Draufsicht ein zweites Bauteil der erfindungsgemäßen Baugruppe;

15 - die Figuren 8 bis 12 verschiedene Zwischenstadien bei der Herstellung des Bauteils von Figur 4.

In Figur 1 ist in einem Querschnitt eine erfindungsgemäße Baugruppe gezeigt. Sie besteht aus einem ersten Bauteil 10 und einem zweiten Bauteil 20.

20 Das erste Bauteil 10 (siehe auch die Figuren 4 bis 6) besteht aus einem Substrat 11, das mit einem Spritzgußverfahren herstellbar ist. Auf einer Oberfläche 12 des ersten Bauteils ist eine Aufnahmenut 13 für einen Lichtwellenleiter gebildet. Die Aufnahmenut 13 hat einen trapezförmigen Querschnitt (siehe insbesondere Figur 5) und erstreckt sich ausgehend von einer Stirnfläche des Bauteils. An die Aufnahmenut 13 schließt sich ein erster Spiegel 14 an. Er ist als Parabolspiegel ausgestaltet und so angeordnet, daß er Licht, das auf ihn von einem in der Aufnahmenut 13 angeordneten Lichtwellenleiter eintrifft, etwa senkrecht zur Oberfläche 12 vom ersten Bauteil weg reflektiert. An den ersten Spiegel 14 schließt sich ein zweiter Spiegel 15 an, der ebenfalls als Parabolspiegel ausgebildet ist. Der zweite Spiegel ist so ausgestaltet, daß er Licht, das auf ihn in einer Richtung etwa senkrecht zur Oberfläche 12 eintrifft, zu einem in der Aufnahmenut 13 angeordneten Lichtwellenleiter hin reflektiert. Von einem in der Aufnahmenut 13 angeordneten Lichtwellenleiter aus betrachtet, liegt der zweite Spiegel 15 hinter dem ersten Spiegel 14. Wenn der erste Spiegel und der zweite Spiegel in eine zur Längsachse eines in der

25

30

35

Aufnahmenut 13 aufgenommenen Lichtwellenleiters senkrechte Ebene projiziert werden (siehe Darstellung in Figur 5), liegt der zweite Spiegel 15 innerhalb der vom Umriß des ersten Spiegels definierten Fläche. Anders ausgedrückt weist der erste Spiegel 14 eine Aussparung auf, hinter der der zweite Spiegel 15 angeordnet ist. Die projizierte Fläche des zweiten Spiegels ist wesentlich kleiner als die projizierte Fläche des ersten Spiegels (siehe weiterhin Figur 5) und beträgt weniger als $1/10$ der Fläche des ersten Spiegels.

10 Auf der Oberfläche 12 des Bauteils 10 sind Positioniergestaltungen 16 vorgesehen, die als pyramidenstumpfförmige Vertiefungen ausgebildet sind. Das erste Bauteil ist wenigstens im Bereich der beiden Spiegel 14, 15 metallisiert, so daß dort eine reflektierende Oberfläche gebildet ist.

15

In die Aufnahmenut 13 ist eine Lichtleitfaser 17 (siehe Figur 1) eingelegt, die an ihrem in das erste Bauteil 10 eingelegten Ende einen trapezförmigen Querschnitt hat, so daß sie genau in die Aufnahmenut paßt. Der trapezförmige Querschnitt am Ende der Lichtleitfaser kann beispielsweise dadurch hergestellt werden, daß eine herkömmliche POF-Lichtleitfaser mit kreisförmigem Querschnitt in eine Aufnahme mit trapezförmigem Querschnitt eingelegt, auf ihre Erweichungstemperatur erwärmt und anschließend mit einem Druckwerkzeug in die Aufnahmenut eingedrückt wird, so daß sie deren Form annimmt. Die Lichtleitfaser 17 ist so weit in die Aufnahmenut 13 eingeschoben, daß ihre Stirnfläche 18 unmittelbar vor dem ersten Spiegel 14 liegt. In dieser Lage kann sie durch einen beliebigen geeigneten Klebstoff fixiert werden. Bei einer Lichtleitfaser mit einem Durchmesser von $1.000 \mu\text{m}$ im unverformten Querschnitt kann die Aufnahmenut 13 beispielsweise eine Höhe h_1 von $800 \mu\text{m}$ und eine Breite d_1 im Bereich der Oberfläche 12 von $1.200 \mu\text{m}$ haben. Diese Abmessungen entsprechen auch den Abmessungen des Parabolspiegels 14 am Übergang zur Aufnahmenut 13. Die Breite d_2 des zweiten Parabolspiegels 15 an der Oberfläche 12 und am Übergang zum ersten Parabolspiegel 14 kann in der Größenordnung von $250 \mu\text{m}$ liegen.

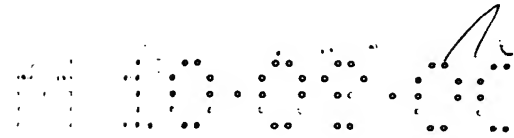
35

Das zweite Bauteil 20 (siehe auch Figur 7) weist ein Substrat 21 auf, das ebenfalls durch ein Spritzgußverfahren herstellbar ist. Auf einer Oberfläche 22 des zweiten Bauteils sind mehrere Justierge-

relativ zum zweiten Spiegel 15 ausgerichtet ist. Über den Lichtwellenleiter 17 einfallendes Licht E (siehe Figur 2) wird vom ersten Parabolspiegel 14 so reflektiert, daß es auf den opto-elektronischen Empfänger 25 trifft. Der Anteil des einfallenden Lichts, der auf den zweiten Spiegel 15 trifft und folglich nicht zum Empfänger 25 reflektiert werden kann, führt nur zu geringen Verlusten, da der Spiegel 15 nur einen geringen Teil der Fläche des Spiegels 14 einnimmt. Vom opto-elektronischen Sender 29 erzeugtes Licht S wird dagegen vom zweiten Parabolspiegel 15 hin zur Stirnfläche 18 des Lichtwellenleiters 17 reflektiert und dort in diesen eingekoppelt. Der Anteil, der dabei als Streuverlust auf den Empfänger 25 fällt, führt bei geeigneter Geometrie des Spiegels nur zu geringen Verlusten. Ferner ist auf dem Empfänger 25 ein Filter 35 aufgebracht, der aus einer Lackschicht mit einer Farbe bestehen kann, die an die Farbe des Lichts S des Senders angepaßt ist. Folglich ist der Filter 35 für das vom Sender erzeugte Licht S undurchlässig, so daß die Streuverluste kein Signal des Empfängers 25 erzeugen.

Die beiden Bauteile 10, 20 werden mittels eines optisch transparenten Klebstoffs miteinander verbunden, dessen Brechungsindex an den Brechungsindex der Lichtleitfaser 17 angepaßt ist. Der Klebstoff 36 füllt dabei jeden Hohlraum zwischen den beiden Bauteilen 10, 20 aus, so daß eine optimale Übertragung des Lichts gewährleistet ist.

Anhand der Figuren 8 bis 12 werden nun einige Schritte des Verfahrens zur Herstellung des Substrates 11 beschrieben. Zunächst wird ein Masterteil aus Silizium (siehe Figur 8) hergestellt, in welchem bereits Vertiefungen ausgebildet sind, die den pyramidenstumpfförmigen Positioniergestaltungen am Substrat entsprechen. Das Silizium-Masterteil wird dann in ein Nickelteil der ersten Generation umkopiert (siehe Figur 9). Das Nickelteil der ersten Generation wird wiederum umkopiert in ein Nickelteil zweiter Generation. In diesem Nickelteil wird dann eine Nut erzeugt, die der späteren Aufnahmenut für den Lichtwellenleiter entspricht, und Flächen, die den späteren Spiegelflächen 14, 15 entsprechen (dargestellt in Figur 10). Die Nut und die Flächen können beispielsweise mit einer hochpräzisen Mikrofräse herausgearbeitet werden. Anschließend wird das Nickelteil der zweiten Generation wieder umkopiert, so daß ein Nickelteil der dritten



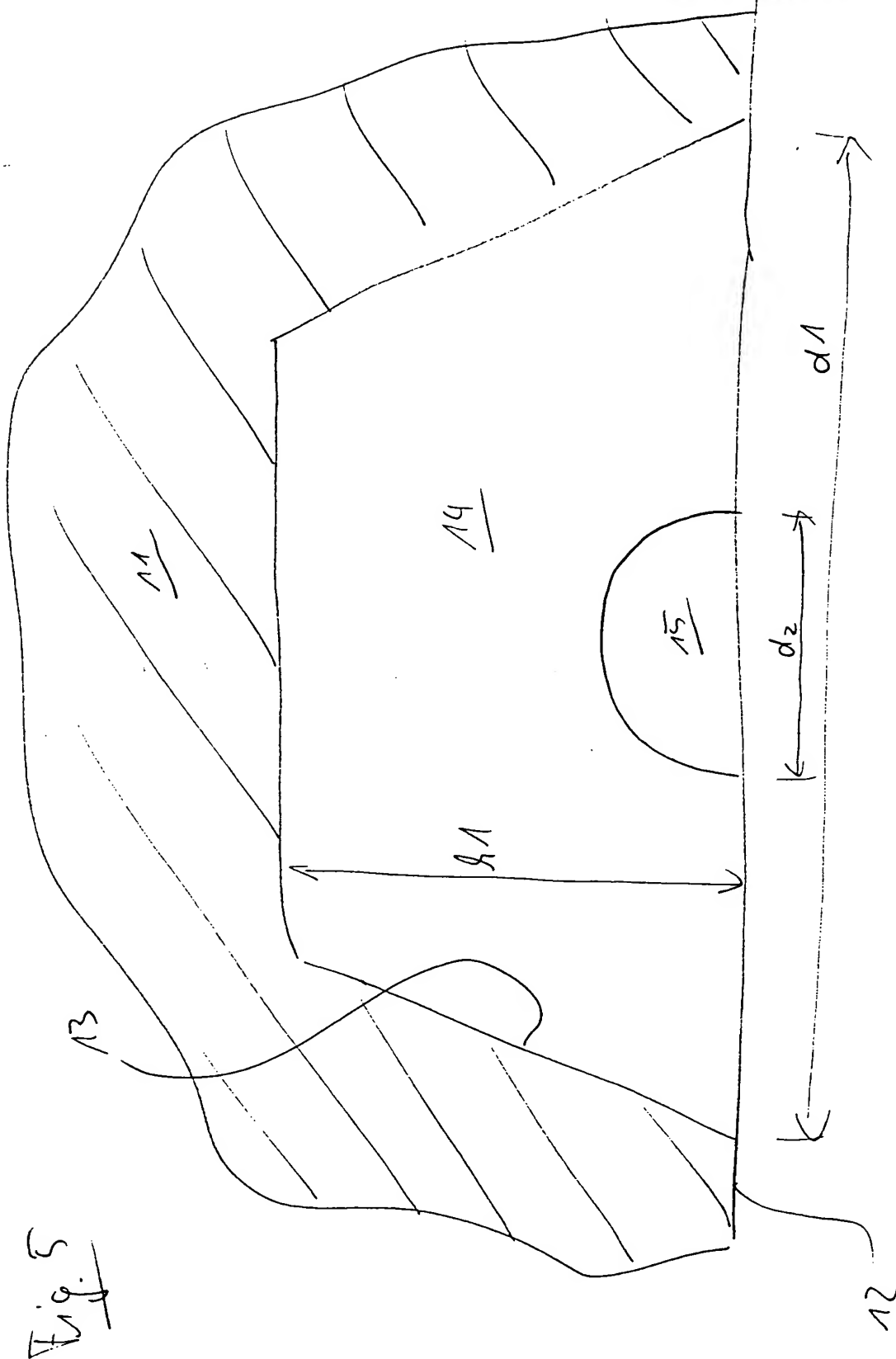
Generation entsteht (dargestellt in Figur 11). Dieses Teil stellt eine Negativform des herzustellenden Substrates 11 dar, die beispielsweise durch Spritzgießen abgeformt werden kann.

5 ~~Eine analoge Vorgehensweise kann hinsichtlich des zweiten Substrates 21 gewählt werden.~~

10 Bei dieser Vorgehensweise ergibt sich der Vorteil, daß all diejenigen Geometrien und Gestaltungen, die mit besonders hoher Präzision erhalten werden müssen und deswegen aufwendig sind, nur ein einziges Mal hergestellt werden müssen, und zwar entweder am Silizium-Master-
15 ~~teil (Ausnehmung für die Aufnahmenut sowie Ausnehmungen für die Positioniergestaltungen) oder am Nickelteil der zweiten Generation (Flächen für die Spiegel). Das Nickelteil der dritten Generation kann dann dazu verwendet werden, diese hochpräzisen Gestaltungen in hoher Stückzahl abzuformen, beispielsweise durch Spritzguß.~~

20





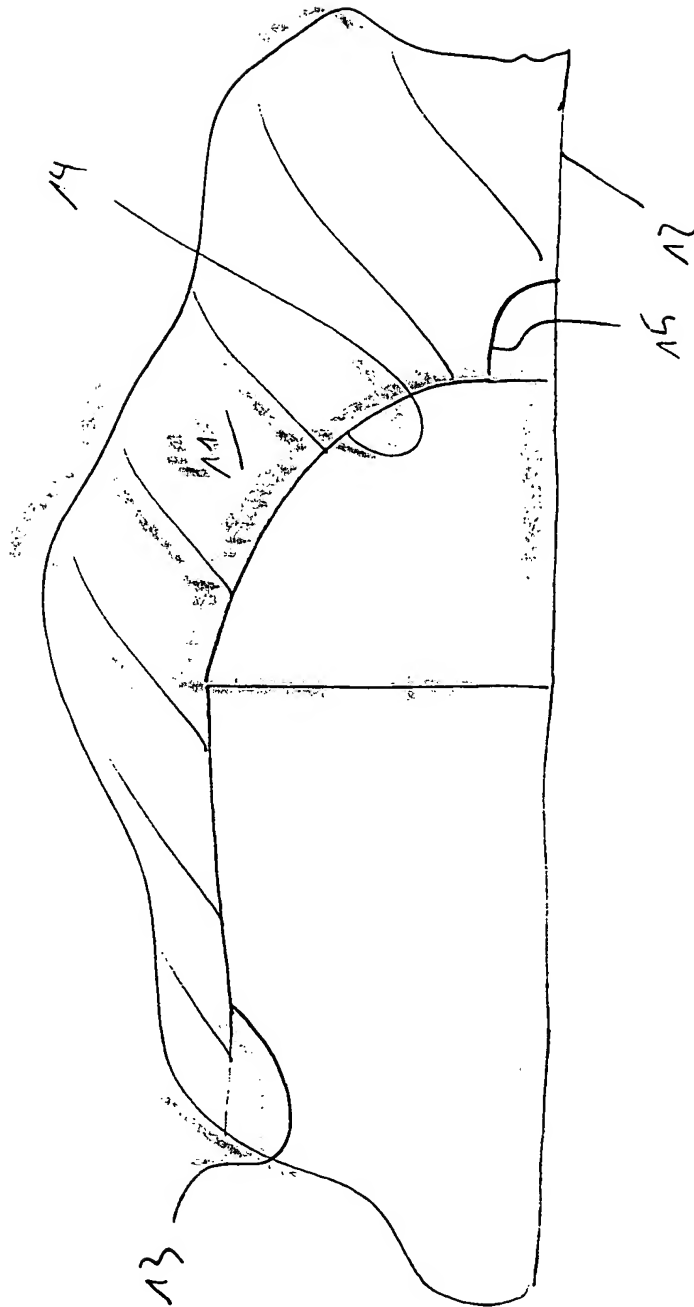


Fig. 6

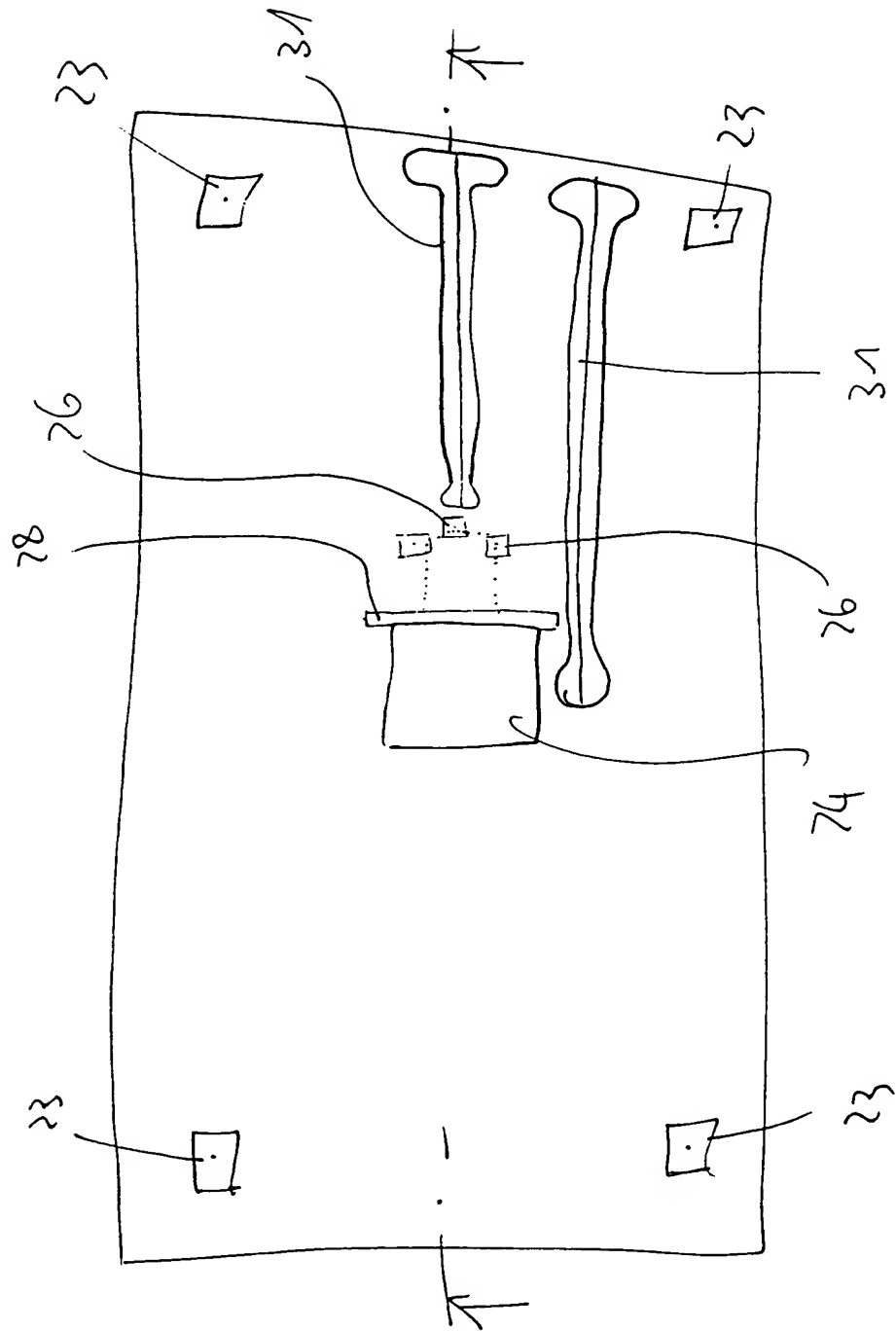


Fig. 7

718

23

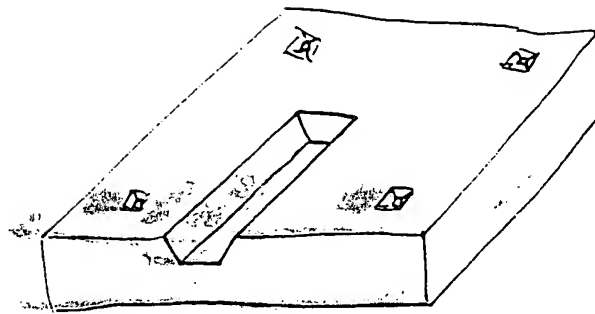
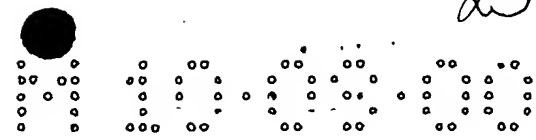


Fig. 8

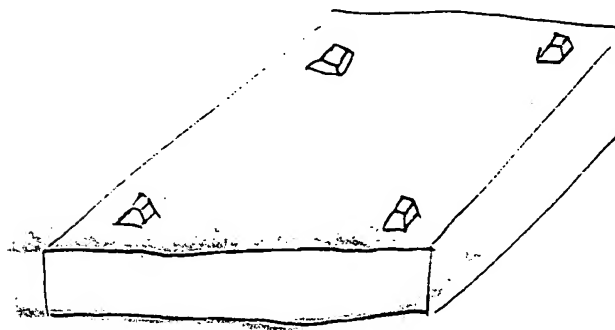


Fig. 9

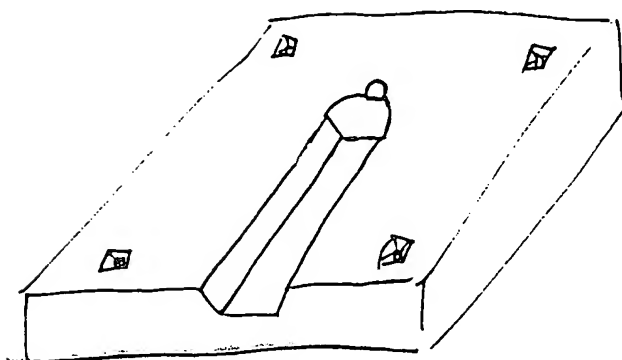


Fig. 10

Fig. 11

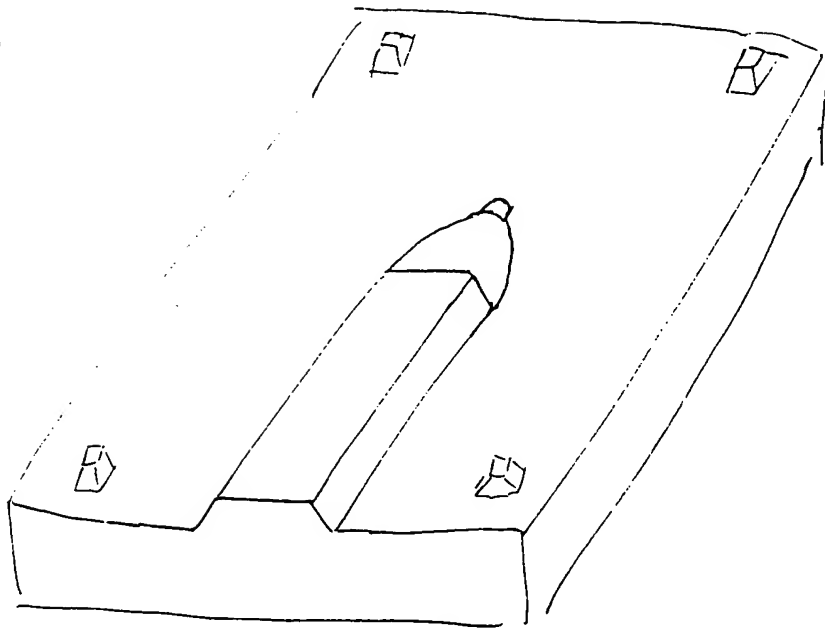


Fig. 12

